

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-192590
(P2013-192590A)

(43) 公開日 平成25年9月30日 (2013.9.30)

(51) Int.Cl.

A63B 69/36 (2006.01)

F I

A63B 69/36 541P
A63B 69/36 541W

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-59817 (P2012-59817)
(22) 出願日 平成24年3月16日 (2012.3.16)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人 100090479
弁理士 井上 一
(74) 代理人 100104710
弁理士 竹腰 昇
(74) 代理人 100124682
弁理士 黒田 泰
(72) 発明者 澁谷 和宏
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

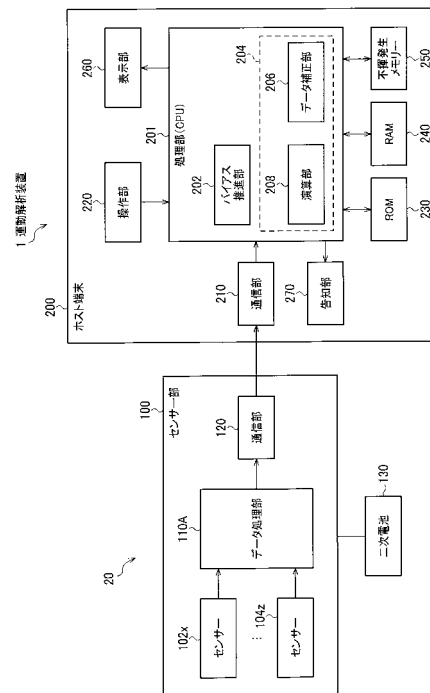
(54) 【発明の名称】 運動解析装置及び運動解析方法

(57) 【要約】

【課題】 運動期間前の静止期間だけで、角速度センサーのバイアス値を除去した運動解析を可能とする運動解析装置及び運動解析方法を提供すること。

【解決手段】 運動解析装置 1 は、測定対象物体 10 の角速度を検出する角速度センサー 102x ~ 102z と、測定対象物体が静止状態である第 1 期間 T1 に角速度センサーから取得された出力信号に基づいて、角速度センサーの出力信号に含まれて時間とともに変化するバイアス値を、時間を関数とするバイアス推定値として求めるバイアス推定部 202 と、第 1 期間に続く第 2 期間 T2 に角速度センサーから取得された出力信号から、その出力信号と時間軸上で対応するバイアス推定値が除去された補正データに基づいて、測定対象物体の運動を解析する運動解析部 204 と、を有する。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象物体の角速度を検出する角速度センサーと、

前記測定対象物体が静止状態である第 1 期間に前記角速度センサーから取得された出力信号に基づいて、前記角速度センサーの出力信号に含まれて時間とともに変化するバイアス値を、時間を関数とするバイアス推定値として求めるバイアス推定部と、

前記第 1 期間に続く第 2 期間に前記角速度センサーから取得された出力信号から、前記出力信号と前記時間軸上で対応する前記バイアス推定値が除去された補正データに基づいて、前記測定対象物体の運動を解析する運動解析部と、
を有することを特徴とする運動解析装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記バイアス推定部は、前記角速度センサーからの出力信号として時間軸上でサンプリングされたデータを、前記時間軸を含む二次元面で直線近似して、前記バイアス推定値を求めることを特徴とする運動解析装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

一秒あたりの角速度 (d p s) であるバイアス推定値 $V i a s (t)$ の直線近似式を、 $V i a s (t) = a \times t + b$ としたとき、前記バイアス推定部は、傾き a がしきい値よりも小さくなった時に前記バイアス推定値を確定することを特徴とする運動解析装置。

20

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記バイアス推定部は、前記傾き a が $a < 0 . 0 1 0$ となった時に前記バイアス推定値を確定することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 5】

請求項 3 において、

前記バイアス推定部は、前記傾き a が $a < 0 . 0 0 5$ となった時に前記バイアス推定値を確定することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 6】

請求項 3 乃至 5 のいずれか一項において、

前記バイアス推定部にて前記バイアス推定値が確定された時以降に、運動開始を告知する告知部をさらに有することを特徴とする運動解析装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項において、

前記運動解析部は、前記補正データ及び前記補正データの積分値に基づいて前記測定対象物体の運動を解析することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 8】

請求項 7 において、

前記運動解析部は、前記角速度センサーの出力信号が入力される順にリアルタイムで前記測定対象物体の運動を解析することを特徴とする運動解析装置。

40

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項において、

前記測定対象物体の加速度を検出する加速度センサーをさらに有し、

前記運動解析部は、前記加速度センサーの出力信号及び前記加速度センサーの出力信号の m (m は自然数) 階積分値に基づいて前記測定対象物体の運動を解析することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 10】

測定対象物体が静止状態である第 1 期間に、前記測定対象物体に取り付けられた角速度センサーからの出力信号を取得する工程と、

前記第 1 期間に取得された前記角速度センサーの出力信号に含まれて時間とともに変化

50

するバイアス値を、時間を関数とするバイアス推定値として求める工程と、
 前記第 1 期間に続く第 2 期間に前記角速度センサーの出力信号を取得する工程と、
 前記第 2 期間に取得された前記角速度センサーの出力信号から、前記出力信号と前記時間軸上で対応する前記バイアス推定値が除去された補正データに基づいて、前記測定対象物体の運動を解析する工程と、
 を有することを特徴とする運動解析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、角速度センサーを用いた運動解析装置及び運動解析方法等に関する。

10

【背景技術】

【0002】

様々な分野において被検査体の運動を解析する装置が必要とされている。例えば、テニスラケットやゴルフクラブのスイング軌道、野球のピッチングやバッティング等の運動フォーム等を解析し、解析結果から改善点を明らかにすることで競技力の向上につなげることができる。

【0003】

現在、実用的な運動解析装置としては、光学式モーションキャプチャー装置が知られている。この装置は、マーカーが取り付けられた測定対象物体を赤外線カメラ等で連続撮影し、撮影された連続画像を用いてマーカーの移動軌跡を算出することで、運動を解析するものが一般的である（特許文献 1）。

20

【0004】

これに対して、近年、被検査体に小型の慣性センサーを取り付け、測定対象物体の物理量を検出するセンサーの出力データから被検査体の運動を解析する装置が提案されている（特許文献 2）。この装置は、赤外線カメラが不要であるため取り扱いが容易であるという利点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2010 - 110382 号公報

30

【特許文献 2】特開 2008 - 073210 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、慣性センサーとして角速度センサー（ジャイロセンサー）を用いて測定対象物体の運動を解析する際に、角速度センサーのバイアスを除去する必要がある。バイアスとは、角速度が零である初期状態のときのゼロバイアスと、電源変動や温度変動などの外部要因に起因するランダムなドリフトとを含む誤差の総称である。

【0007】

このバイアス値を求めるために、例えば運動期間の前後に静止期間を設定し、それぞれの静止期間中に角速度センサーから出力された信号に基づいて、運動期間中のバイアス値を推定することが考えられる。

40

【0008】

しかし、この方法によればリアルタイムでの運動解析ができない。その上、運動の前後にて静止期間を設定しなければならないのでスムーズな計測が難しく、被験者の運動を伴う場合には被験者に与える規制が多く、利便性を損なう。

【0009】

そこで、本発明の幾つかの態様は、運動期間前に静止期間を設けるだけで、角速度センサーのバイアス値を除去した運動解析を可能とする運動解析装置及び運動解析方法を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0010】

(1) 本発明の一態様は、

測定対象物体の角速度を検出する角速度センサーと、
前記測定対象物体が静止状態である第1期間に前記角速度センサーから取得された出力信号に基づいて、前記角速度センサーの出力信号に含まれて時間とともに変化するバイアス値を、時間を関数とするバイアス推定値として求めるバイアス推定部と、

前記第1期間に続く第2期間に前記角速度センサーから取得された出力信号から、前記出力信号と前記時間軸上で対応する前記バイアス推定値が除去された補正データに基づいて、前記測定対象物体の運動を解析する運動解析部と、
を有する運動解析装置に関する。

10

【0011】

ここで、測定対象物体が静止状態である第1期間に角速度センサーから取得された出力信号とは、角速度が零であることから、時間とともに変化するバイアス値のみである。本発明の一態様では、バイアス推定部が、第1期間に取得されたバイアス値(角速度センサー)から、時間を関数とするバイアス推定値を求める。第1期間に続く第2期間では、運動解析部が、角速度センサーから取得された出力信号から、その出力信号と時間軸上で対応するバイアス推定値が除去された補正データに基づいて、測定対象物体の運動を解析する。よって、第2期間(運動期間を含む)の前に第1期間(静止期間)を設けるだけで、第2期間に用いられるバイアス推定値を取得でき、角速度センサーのバイアス値を除去した運動解析が可能となる。しかも、運動期間後の静止期間を待たずに、運動解析をリアルタイムで実施することができる。

20

【0012】

(2) 本発明の一態様では、前記バイアス推定部は、前記角速度センサーからの出力信号として時間軸上でサンプリングされたデータを、前記時間軸を含む二次元面で直線近似して、前記バイアス推定値を求めることができる。

【0013】

こうすると、時間を関数とするバイアス推定値は一次関数となるので、角速度センサー出力から除算されるバイアス値をデータ補正部にて容易かつ高速に演算することができる。

30

【0014】

(3) 本発明の一態様では、一秒あたりの角速度(dps)であるバイアス推定値 $Vias(t)$ の直線近似式を、 $Vias(t) = a \times t + b$ としたとき、前記バイアス推定部は、傾き a がしきい値よりも小さくなった時に前記バイアス推定値を確定することができる。

【0015】

固定の静止期間あるいは短い静止期間にて得られた角速度センサー出力に基づくと、バイアス推定値を適切に設定できないことがある。角速度センサーのバイアス安定性や外部要因に依存して、適切でないバイアス推定値とは、角速度センサーのバイアスドリフトが大きく、 $Vias(t) = a \times t + b$ の式中の傾き a が過大となる場合である。そこで、最初の静止期間にて得られた角速度センサー出力に基づいて取得されたバイアス推定値の傾きをしきい値と比較して、傾き a が信頼できるものであるか評価することができる。傾き a がしきい値よりも小さければ、信頼性のあるバイアス値として確定できる。もし、傾き a がしきい値よりも大きければ、静止期間の長さを延長してバイアス推定値を再取得し、評価すればよい。

40

【0016】

(4) 本発明の一態様では、前記バイアス推定部は、前記傾き a が $a < 0.010$ となった時に前記バイアス推定値を確定することができる。

【0017】

こうすると、運動期間の前後に静止期間を設けて得られたバイアス推定値に近いバイア

50

ス推定値を得ることができる。

【0018】

(5)本発明の一態様では、前記バイアス推定部は、前記傾き a が $a = 0.005$ となった時に前記バイアス推定値を確定することができる。

【0019】

こうすると、運動期間の前後に静止期間を設けて得られたバイアス推定値により近いバイアス推定値を得ることができる。

【0020】

(6)本発明の一態様では、前記バイアス推定部にて前記バイアス推定値が確定された時以降に、運動開始を告知する告知部をさらに有することができる。

10

【0021】

バイアス推定値を得る必要上、運動を開始する前に静止期間が必要となり、その静止期間を終了して運動を開始させる告知を、バイアス推定値の確定タイミングに基づいて行うことができる。

【0022】

(7)本発明の一態様では、前記運動解析部は、前記補正データ及び前記補正データの積分値に基づいて前記測定対象物体の運動を解析することができる。

【0023】

測定対象物体の運動のうち、角速度センサー出力を補正して得た角速度と、それを積分して得た角度とにより分析できる。しかも、測定対象物体の運動を、バイアス値を除去して精度よく解析することができる。

20

【0024】

(8)本発明の一態様では、前記運動解析部は、前記角速度センサーの出力信号が入力される順にリアルタイムで前記測定対象物体の運動を解析することができる。つまり、本発明の一態様では運動期間後の静止期間を待つことなくバイアス推定値が得られるので、運動解析をリアルタイムで実施することができる。

【0025】

(9)本発明の一態様では、
前記測定対象物体の加速度を検出する加速度センサーをさらに有し、
前記運動解析部は、前記加速度センサーの出力信号及び前記加速度センサーの出力信号の m (m は自然数) 階積分値に基づいて前記測定対象物体の運動を解析することができる。

30

【0026】

運動解析データとして、角速度または角度以外に、加速度センサーの出力として加速とが得られ、加速度を m 階積分することで速度や位置が得られるので、測定対象物体の運動解析を緻密に行うことができる。

【0027】

(10)本発明の他の態様は、
測定対象物体が静止状態である第1期間に、前記測定対象物体に取り付けられた角速度センサーからの出力信号を取得する工程と、
前記第1期間に取得された前記角速度センサーの出力信号に含まれて時間とともに変化するバイアス値を、時間を関数とするバイアス推定値として求める工程と、
前記第1期間に続く第2期間に前記角速度センサーの出力信号を取得する工程と、
前記第2期間に取得された前記角速度センサーの出力信号から、前記出力信号と前記時間軸上で対応する前記バイアス推定値が除去された補正データに基づいて、前記測定対象物体の運動を解析する工程と、
を有する運動解析方法に関する。

40

【0028】

本発明の他の態様でも、第2期間(運動期間を含む)の前に第1期間(静止期間)を設けるだけで、第2期間に用いられるバイアス推定値を取得でき、角速度センサーのバイアス値を除去した運動解析が可能となる。しかも、運動期間後の静止期間を待たずに、運動

50

解析をリアルタイムで実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の実施形態に係る運動解析装置の概要を示す図である。

【図2】測定対象物体であるゴルフクラブと、ゴルフクラブに取り付けられたセンサーユニットを充電する充電器とを示す図である。

【図3】図1及び図2に示すセンサーユニットのブロック図である。

【図4】ゴルフクラブと充電器とを接点で接続した充電状態（静止状態）を示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係る運動解析装置のブロック図である。

10

【図6】第1,第2期間にてサンプリングされるセンサー出力信号を示すタイミングチャートである。

【図7】測定対象物体の運動軌跡を示す図である。

【図8】本発明の実施形態に係る運動解析方法帆を示すフローチャートである。

【図9】角速度センサーからのサンプリングデータを直線近似して得られるバイアス推定値を示す図である。

【図10】図10(A)は運動期間の前後に静止期間を設けて得られる比較例のバイアス推定値を示し、図10(B)~図10(E)は運動期間の前に異なる静止期間を設けてそれぞれ得られる適正又は不適正なバイアス推定値を示し、図10(F)はバイアス推定値が除去された角速度データを示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお以下に説明する本実施形態は特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0031】

1. 運動解析装置の概要

運動解析情報収集装置100は、図1に示すように、測定対象物体である例えばゴルフクラブ10に取り付けられた角速度センサーを含むセンサーユニット20と、バイアス推定部及び運動解析部とを含むホスト端末200とを有する。

30

【0032】

1.1. センサーユニット

ここで、運動解析装置1の運動解析情報の対象は、図1に示す被験者により操作されるゴルフクラブ10である。図1は、被験者により操作されるゴルフクラブ10のクラブヘッド11のスイング軌跡Aを示している。スイング軌跡Aは、スイング起動位置P1、トップ位置P2、インパクト位置P3及びフォロースルーツップ位置P4を含んでいる。

【0033】

図2には、本実施形態に用いられるセンサーユニット20が装着されたゴルフクラブ10と、ゴルフクラブ10の保持具例えば充電器30が示されている。充電器30は、センサーユニット20に内蔵されるセンサーに給電する二次電池を充電する。

40

【0034】

図2は、センサーユニット20がクラブシャフト12に装着されたゴルフクラブ10を模式的に示している。充電器30は、スタンド型であり、クラブシャフト12を静止状態に保持して、後述する接点を介してセンサーユニット20内の二次電池を充電することができる。センサーユニット20が取り付けられる位置は、クラブシャフト12に限らず、例えばクラブヘッド11などであってもよい。また、センサーユニット20は必ずしもゴルフクラブ10に装着されるものに限らず、被験者に取り付けられてもよい。

【0035】

センサーユニット20は、所与の物理量を検出し、検出した物理量（例えば、加速度、角速度、速度、角加速度など）の大きさに応じた信号（データ）を出力することができる

50

。本実施形態では、センサーユニット 20 は、図 3 に示すように、X 軸、Y 軸、Z 軸方向の加速度を検出する三軸検出型の加速度センサー 102x ~ 102z (慣性センサーの一例。以下、三軸加速度センサーと称す。)と、X 軸、Y 軸、Z 軸方向の角速度を検出する三軸検出型のジャイロセンサー (角速度センサー、慣性センサーの一例。以下、三軸ジャイロセンサーと称す。) 104x ~ 104z とからなる 6 軸検出型のモーションセンサーを備えている。

【0036】

ここで、三軸ジャイロセンサー (角速度センサー) 104x ~ 104z は、振動型角速度センサーを用いることができる。振動型角速度センサーは、振動体を一定の周波数で振動させる。振動体に角速度が加わるとコリオリ力が発生し、コリオリ力によって振動体が異なる方向に振動する。このコリオリ力による変位を検知することで角速度を検出することができる。例えば、角速度センサー素子を減圧封止することで、振動型角速度センサー素子の Q 値が大きくなり、バイアス安定性の優れた角速度を検出することができる (例えば、特開 2010-203990)。

10

【0037】

図 3 に示す制御部 110 は、各センサー 102x ~ 102z 及び 104x ~ 104z と、通信部 120 と、二次電池 130 とに接続されている。制御部 110 はさらに、充電器 30 に接続可能である。

【0038】

制御部 110 は、各センサー 102x ~ 102z 及び 104x ~ 104z の出力信号を、例えば時刻情報と共にパケットにして通信部 120 に出力するデータ処理部 110A を有する。図 3 に示す通信部 118 は、データ処理部 110A から受け取ったパケットデータをホスト端末 300 に送信する処理を行う。制御部 110 は、二次電池 130 を充電制御する充電制御部 110B を有することができる。

20

【0039】

図 4 は、図 2 に示す充電器 30 及び測定対象の運動器具 (ゴルフクラブ) 10 の基本的構成例を示している。保持具として機能する充電器 30 は、接地部 31 と、接地部 31 から上方に延びるシャフト保持部 32 と、例えば接地部 31 に設けられた充電回路 33 と、シャフト保持部 32 に設けられた 2 つの充電端子 34, 35 を有している。ゴルフクラブ 10 は、充電器 30 の充電端子 34, 35 に接触する被充電端子 13, 14 を、クラブシャフト 12 に有する。なお、ゴルフクラブ 10 に設けられるセンサーユニット 20 は図 4 では図示が省略されている。

30

【0040】

1.2. ホスト端末

図 5 はホスト端末 200 を示している。ホスト端末 200 は、処理部 (CPU) 201、通信部 210、操作部 220、ROM 230、RAM 240、不揮発性メモリー 250、表示部 260 及び告知部 270 を含んで構成されている。

【0041】

通信部 210 は、センサーユニット 20 から送信された信号を受信し、処理部 201 に送る処理を行う。操作部 220 は、ユーザーからの操作データを取得し、処理部 201 に送る処理を行う。ROM 230 は、処理部 201 が各種の計算処理や制御処理を行うためのプログラムや、アプリケーション機能を実現するための各種プログラムやデータ等を記憶している。RAM 240 は、処理部 201 の作業領域として用いられ、ROM 230 から読み出されたプログラムやデータ、操作部 220 から入力されたデータ、処理部 201 が各種プログラムに従って実行した演算結果等を一時的に記憶する記憶部である。なお、本実施形態では特に、後述する図 7 に示す初期位置 P0 やインパクト位置 P3 についての既知のデータを、ROM 230 または RAM 240 に記憶しておくことができる。不揮発性メモリー 250 は、処理部 201 の処理により生成されたデータのうち、長期的な保存が必要なデータを記録する記憶部である。表示部 260 は、処理部 201 の処理結果を文字やグラフ、その他の画像として表示するものである。表示部 260 は、例えば、CRT

40

50

、LCD、タッチパネル型ディスプレイ、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）などである。なお、1つのタッチパネル型ディスプレイで操作部220と表示部260の機能を実現するようにしてもよい。告知部270は、被験者に運動を開始してもよい旨を告知する。

【0042】

処理部201は、ROM230に記憶されているプログラムに従って、センサーユニット20から通信部210を介して受信したデータに対する各種の計算処理や、各種の制御処理（表示部260に対する表示制御等）を行う。特に、本実施形態では、処理部201は、バイアス推定部202と運動解析部204を含んでいる運動解析部204は、データ補正部206及び演算部208として機能することができる。

10

【0043】

バイアス推定部202は、ゴルフクラブ10が静止状態である時に角速度センサー104x~104zから取得された出力信号に基づいて、角速度センサーの出力信号104x~104zに含まれて時間とともに変化するバイアス値を、時間を関数とするバイアス推定値とする。運動解析部204では、ゴルフクラブ10の静止期間に続く運動期間に角速度センサー104x~104zから取得された出力信号から、その出力信号と時間軸上で対応するバイアス推定値をデータ補正部206にて除去して補正データを生成し、演算部208が補正データに基づいてゴルフクラブ10の運動を解析する。なお、演算部208は、加速度センサー104x~104zからの出力信号に基づいてゴルフクラブ10の運動を解析することができる。

20

【0044】

2. 運動解析方法

以下、運動解析方法を図6~図10も参照して説明する。図6のスタート時には、ゴルフクラブ10は図4に示す充電器30に装着され静止状態である。このとき、センサーユニット20は、図7に示す既知の始点P0（充電器30の位置）にあり、加速度及び角速度は共に零である。これらは、始点P0での既知のデータとなる。

【0045】

2.1. バイアス推定値の取得工程

図8のステップS1では、図8のスタート時t0から、ゴルフクラブ10が充電器30に装着されている静止状態でのセンサーユニット20から出力信号を取得する。つまり、図8のスタート時t0から、静止状態にてセンサー出力データを所定のサンプリング周波数でサンプリングして取得する。特に、三軸ジャイロセンサー104x~104zから、例えばサンプリング時刻情報と共に角速度データが取得される。この静止状態では角速度は零であるが、取得された角速度データは零ではなく、時間とともに変化するバイアス値が含まれている。

30

【0046】

図8のステップS2では、静止期間に取得された三軸ジャイロセンサー104x~104zからの出力信号に基づいて、図5のバイアス推定部202が、時間を関数とするバイアス推定値を求める。

【0047】

バイアス推定部202は、例えば三軸ジャイロセンサー104x~104zからの出力信号として時間軸上でサンプリングされたデータを、時間軸を含む二次元面で直線近似してバイアス推定値を求めることができる。

40

【0048】

図9は、直線近似によりバイアス推定値を求める手法を示している。図9において、横軸は時間tであり、縦軸は角速度を毎秒あたりの角度（dps）として示している。図9では、時間x1~xnのn回のサンプリング時に角速度y1~ynが取得されたことを示している。

【0049】

バイアス推定部202は、三軸ジャイロセンサー104x~104zからの出力信号と

50

して時間軸上でサンプリングされた n 個のデータ (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、... (x_n, y_n) を、時間軸を含む二次元面 $(x - y)$ で直線近似された $y = a \times x + b$ を、時間を関数とするバイアス推定値として求める。換言すれば、静止状態での三軸ジャイロセンサー 104x ~ 104z からの出力信号 $y_1 \sim y_n$ は時刻 $x_1 \sim x_n$ に対応するバイアス値を示すことになるので、上記式は、バイアス推定値を $Vias(t)$ とし、時刻を t とすると、一秒あたりの角速度 (dps) であるバイアス推定値 $Vias(t)$ は、

$$Vias(t) = a \times t + b \dots (1)$$

と表すことができる。バイアス推定値 $Vias(t)$ は、 X, Y, Z 軸についてそれぞれ求められる。

【0050】

ここで、式 (1) の係数 a 及び b は、 n 個のデータ (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、... (x_n, y_n) に基づいて、最小二乗法では次のように求められる。

【0051】

【数1】

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

【0052】

ここで、式 (1) の係数 a, b は、サンプリング回数 (サンプリング時間) に依存することが分かる。そこで、本発明者は異なるサンプリング時間についてそれぞれ式 (1) のバイアス推定値を求めた。その実験データを図 10 (A) ~ 図 10 (F) に示す。図 10 (A) ~ 図 10 (F) の横軸は時間であり、0 秒から 10000 msec (10 sec) が示されている。縦軸は角速度 (dps) である。

【0053】

図 10 (A) は比較例を示している。図 10 (A) は、本発明とは異なり、運動期間を例えば 1000 - 9000 msec 内としたとき、運動期間の前に設定された第 1 静止期間 1 秒 (1 - 1000 msec) と、運動期後に設定された第 2 静止期間 1 秒 (9000 - 10000 msec) とを設定している。図 10 (A) では第 1 静止期間に三軸ジャイロセンサー 104x ~ 104z から取得された出力信号の平均値と、第 2 静止期間に三軸ジャイロセンサー 104x ~ 104z から取得された出力信号の平均値とを直線で結んで、バイアス推定値としている。この場合、運動期間後の第 2 静止期間を待たなければバイアス推定値は求められないので、リアルタイムでの運動解析ができない。その上、運動期間の前後にて第 1, 第 2 静止期間を設定しなければならないのでスムーズな計測が難しく、被験者の運動を伴う場合には被験者に与える規制が多く、利便性を損なう。

【0054】

図 10 (B) ~ 図 10 (E) では、運動期間前の静止期間の長さを変えてバイアス推定値を求めている。図 10 (B) では、運動期間の前に設定された静止期間 1 秒 (1 - 1000 msec) の間に三軸ジャイロセンサー 104x ~ 104z から取得された出力信号に基づいて、式 (1) のバイアス推定値を求めたものである。1 秒のサンプリング期間では、式 (1) の傾き a が図 10 (B) のように大きくなることがある。そこで、図 10 (C) に示すように運動期間の前に設定された静止期間を 2 秒 (1 - 2000 msec) とし、あるいは図 10 (D) に示すように運動期間の前に設定された静止期間を 3 秒 (1 - 3000 msec) とすると、バイアスドリフトが安定して、式 (1) の傾き a を小さくすることができた。なお、図 10 (E) では、図 10 (B) と同じく静止期間を 1 秒とし、

10

20

30

40

50

静止期間の位置を 2 0 0 0 - 3 0 0 0 m s e c に移動させてみたが、図 1 0 (A) と同様に式 (1) の傾き a が大きくなることがある。

【 0 0 5 5 】

このように、運動期間の前に設定される静止期間を少なくとも 2 秒以上確保してバイアス推定値を求めれば、運動期間後に静止期間を設定しなくても適切なバイアス推定値が求められることが分かる。

【 0 0 5 6 】

運動期間の前に設定される静止期間 (バイアス推定時間) の長さは、三軸ジャイロセンサー 1 0 4 x ~ 1 0 4 z のバイアス安定性に依存する。三軸ジャイロセンサー 1 0 4 x ~ 1 0 4 z としては、上述したように、例えば角速度センサー素子を減圧封止したバイアス安定性の高い振動型角速度センサーを用いることができる。

10

【 0 0 5 7 】

ここで、運動期間の前に設定される静止期間 (バイアス推定時間) の長さは、三軸ジャイロセンサー 1 0 4 x ~ 1 0 4 z のバイアス安定性等に依存し、あるいは外的要因にも依存するため、可変してもよい。

【 0 0 5 8 】

このために、得られたバイアス推定値を評価し、例えば式 (1) 中の傾き a の大きさをしきい値と比較して評価することができる。このようにすることで、バイアス推定値の信頼性を高めることができる。

【 0 0 5 9 】

ここで、図 1 0 (A) ~ 図 1 0 (D) にて求められたバイアス推定値の式 (1) の傾き a から、しきい値について考察する。図 1 0 (A) ~ 図 1 0 (D) にて求められたバイアス推定値の式 (1) の傾き a は、X , Y , Z の各軸について以下の値であった。

20

【 0 0 6 0 】

	X	Y	Z
図 1 0 (A)	- 0 . 0 0 0 8	- 0 . 0 0 1 3	- 0 . 0 0 0 8
図 1 0 (B)	- 0 . 0 4 4 8	- 0 . 0 0 0 8	+ 0 . 0 1 4 7
図 1 0 (C)	- 0 . 0 1 2 0	- 0 . 0 0 7 3	+ 0 . 0 0 1 0
図 1 0 (D)	+ 0 . 0 0 0 1	+ 0 . 0 0 2 9	- 0 . 0 0 3 2

図 1 0 (A) ~ 図 1 0 (D) にて求められたバイアス推定値の式 (1) の傾き a を評価すると、図 1 0 (C) (D) が有効である場合には a = 0 . 0 1 0 とすることができる。この場合、図 (B) に示すように 1 秒の静止期間で得られたバイアス推定値は不採用となり、図 1 0 (C) に示すように静止期間を 2 秒として得られたバイアス推定値が確定値となる。しきい値をこのように設定すると、図 1 0 (A) に示すように運動期間の前後に静止期間を設けて得られた比較例のバイアス推定値に近いバイアス推定値を得ることができる。

30

【 0 0 6 1 】

図 1 0 (D) が有効である場合には a = 0 . 0 0 5 とすることができる。この場合、図 (B) (C) に示すように 1 秒及び 2 秒の各静止期間で得られたバイアス推定値は不採用となり、図 1 0 (D) に示すように静止期間を 3 秒として得られたバイアス推定値が確定値となる。しきい値をこのように設定すると、図 1 0 (A) に示すように運動期間の前後に静止期間を設けて得られた比較例のバイアス推定値により近いバイアス推定値を得ることができる。

40

【 0 0 6 2 】

以上のようにして、図 8 のステップ S 3 にてバイアス推定値が確定されるまで繰り返しステップ S 2 を実施するようにしてもよい。あるいは、上述した通り、一定の静止期間中に得られたバイアス推定値を確定値とすることもできる。

【 0 0 6 3 】

2 . 2 . 運動解析工程

図 8 のステップ S 4 では、図 5 に示す告知部 2 7 0 が、バイアス推定部 2 0 2 にてバイ

50

アス推定値が確定された時以降に、運動開始を告知することができる。この告知は、表示または音声にて行なうことができる。

【0064】

図8のステップS5では、ゴルフクラブ10が充電器30から離脱されたか否かが監視される。ゴルフクラブ10が充電器30から離脱されたことは、図3及び図4に示すゴルフクラブ10の接点13, 14の電圧等を図3の制御部110が監視することで判明する。制御部110にてゴルフクラブ10が充電器30から離脱されたこと取得されると(図8のステップS5での判断がYES)、ステップS6に移行する。図8のステップS6では、図6の第1期間(静止期間)T1での第1出力データの収集が終了し、第2期間(運動期間)T2での第2出力データの収集により運動解析が開始される。

10

【0065】

まず、三軸ジャイロセンサー104x~104zの出力信号に基づく運動解析について説明する。図5の運動解析部204では、データ補正部206が、第2期間T2に三軸ジャイロセンサー104x~104zから取得された出力信号から、その出力信号と時間軸上で対応するバイアス推定値 $Vias(t)$ を除去する。出力信号と時間軸上で対応するバイアス推定値 $Vias(t)$ とは、出力信号がサンプリングされた時刻 t を式(1)に代入することで求められる。この際、時間を関数とするバイアス推定値は式(1)のように一次関数であると、角速度センサー出力から除算されるバイアス値をデータ補正部206にて容易にかつ高速に演算することができる。なお、センサーユニット20からホスト端末200に送出されるセンサーユニット信号は、サンプリング時刻と、そのサンプリング時刻にて取得された三軸ジャイロセンサー104x~104zの出力信号とを一パケットに収納している。

20

【0066】

このとき、データ補正部206は、図6の第1期間T1に取得された位置P0についての既知のデータ(角速度は零)で初期化し、その初期値に基づいて図6の第2期間T2に収集されたデータを合わせて補正することができる。

【0067】

図10(F)は、上記のようにして補正されたデータを示す。図10(F)に示すように、運動期間の前後でゴルフクラブ10が静止される期間では、角速度は零となり、バイアス値が除去されている。運動期間でも同様にバイアス値が除去されるので、誤差の少ない補正データとなる。

30

【0068】

次に、図5の運動解析部204では、演算部208がデータ補正部206からの補正データに基づいてゴルフクラブ10の運動を解析する。演算部208は、補正データを積分することで、角速度データから角度を演算して、ゴルフクラブ10の姿勢を解析することができる。

【0069】

一方、センサーユニット20からホスト端末200に送出されるセンサーユニット信号には、加速度センサー102x~102zからの出力信号も含まれている。そこで、演算部208は、加速度センサー102x~102zからの出力信号を m (m は自然数)階積分することで、ゴルフクラブ10の運動を解析することができる。加速度センサー102x~102zからの出力信号が1階積分されると、加速度から速度を求めることができる。加速度センサー102x~102zからの出力信号が2階積分されると、速度から位置を求めることができる。この際、図7に示す位置P0及びP3での既知のデータ(位置P0及びP3は既知であり、位置P0での速度及び加速度は零である)に基づいて、加速度センサー102x~102zからの出力信号及びその積分値を補正することができる。

40

【0070】

こうして、図7に示す位置P0から開始されて、アドレス位置P1からフィニッシュ位置P5までのゴルフクラブ10のスイング運動を、バイアス値を除去して精度よく解析することができる。しかも、本実施形態では運動期間後の静止期間を待たずに、運動解析を

50

リアルタイムで実施することができる。

【0071】

このような運動解析は、例えばゴルフクラブ10を充電器30に戻すことで終了することができる。そこで図6では、ステップS7にてゴルフクラブ10が充電器30に戻されたか否かを判断し、ステップS7での判断がYESとなることで、運動解析を終了することができる。なお、ゴルフクラブ10が充電器30に戻されたことは、図3及び図4に示すゴルフクラブ10の接点13, 14の電圧等を図3の制御部110が監視することで判明する。

【0072】

なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。

10

【0073】

例えば、本発明の測定対象物体は、好適にはゴルフクラブ、テニスラケット等の運動器具に適用することができるが、これに限定されない。

【0074】

また、バイアス推定部202、データ補正部206または告知部270は、ホスト端末200でなくセンサーユニット20に設けてもよい。

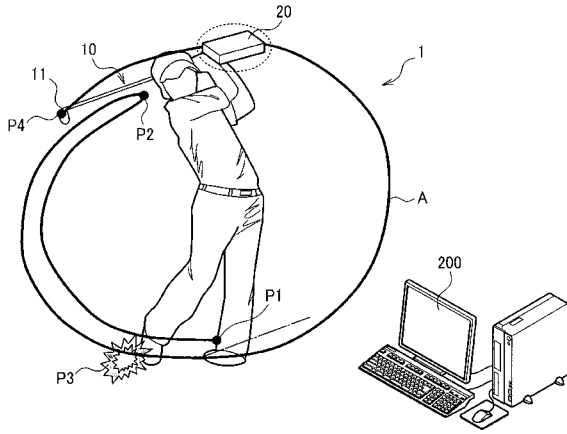
【符号の説明】

【0075】

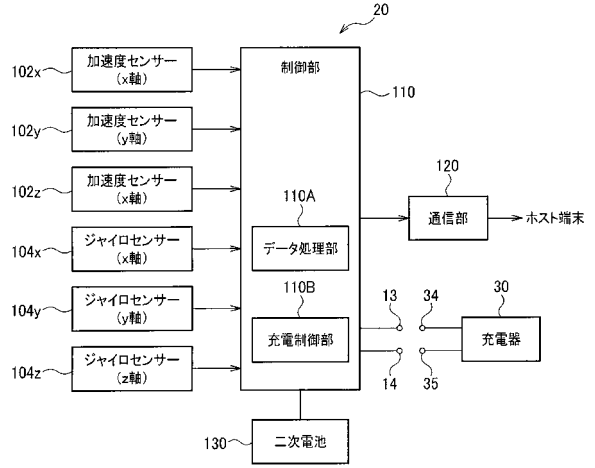
1 運動解析装置、10 測定対象物体、20 センサーユニット、30 充電器(保持具)、102x~102z 加速度センサー、104x~104z 角速度センサー(ジャイロセンサー)、110 制御部、110A データ処理部、110B 充電制御部、120 通信部、130 二次電池、200 ホスト端末、202 バイアス推定部、204 運動解析部、206 データ補正部、208 演算部、270 告知部、T1 第1期間、T2 第2期間

20

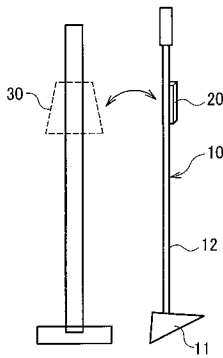
【図1】



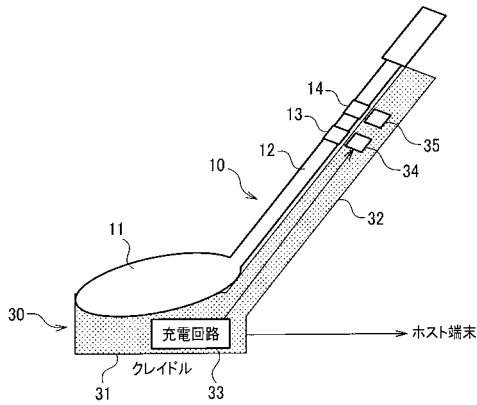
【図3】



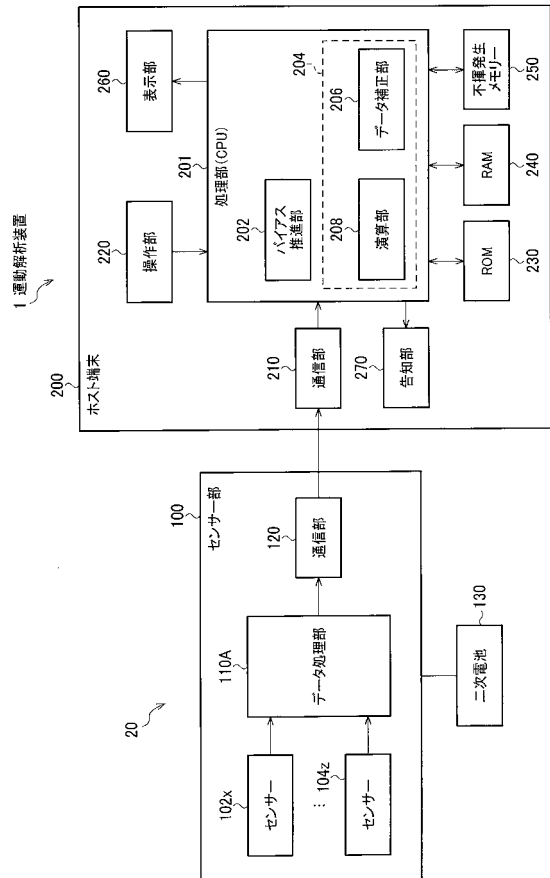
【図2】



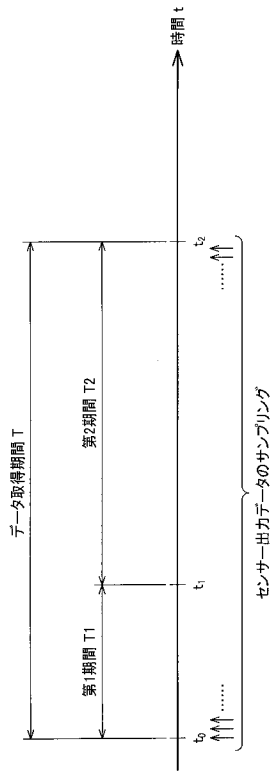
【図4】



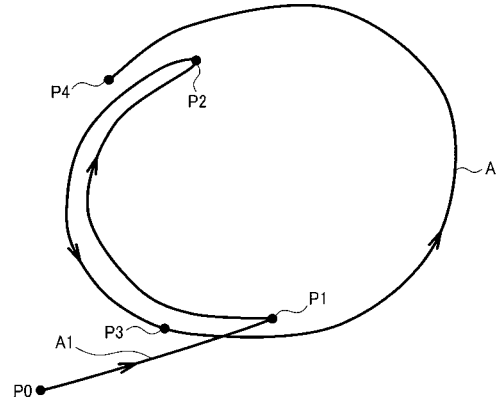
【図5】



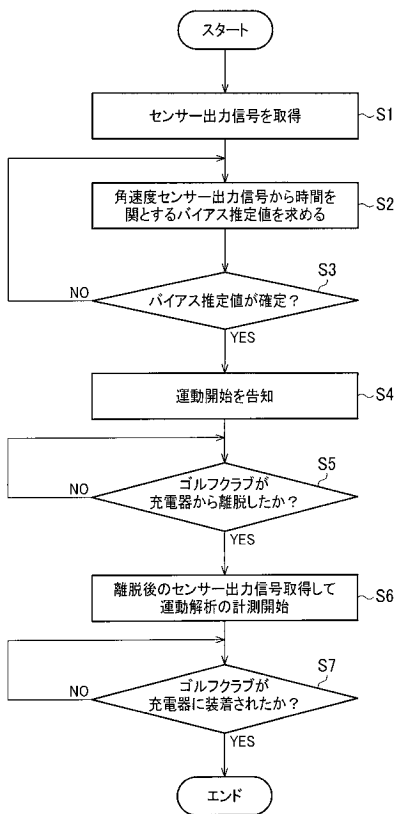
【 図 6 】



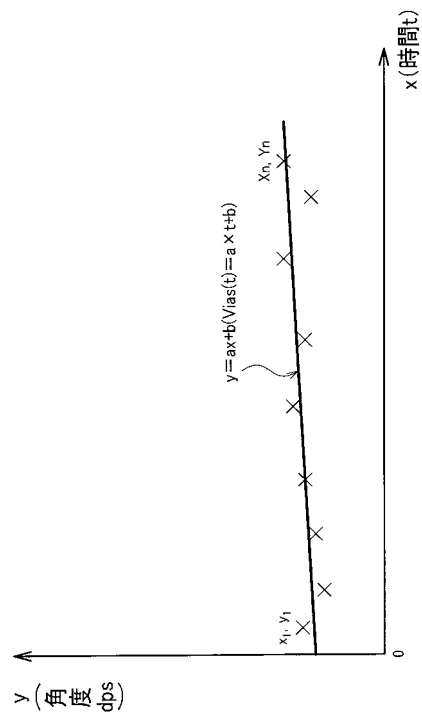
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

